

Geochemical Characteristics of Shale in the Es₃^L of Shahejie Formation in LuoJia Area of Zhanhua Sag and Its Evaluation

Hang Li¹, Bo Chen¹, Yixian Li²

¹Hubei Cooperative Innovation Center of Unconventional Oil and Gas (Yangtze University), School of Geosciences, Yangtze University, Wuhan Hubei

²School of Geosciences, Yangtze University, Wuhan Hubei

Email: 564439669@qq.com

Received: Apr. 15th, 2016; accepted: Jun. 21st, 2016; published: Sep. 15th, 2016

Copyright © 2016 by authors, Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The geochemical characteristics of shales in Es₃^L of Zhanhua Depression were studied and evaluated through analyzing the abundance, type and maturity of the organic matter in detail. Study indicates that the Es₃^L shales provide main accommodation for oil, which is evidenced by high mass factors of $w(\text{TOC})$ and chloroform bitumen $w("A")$. The Es₃^L shales are dominated by Type I Organic Matter; they are high oil-generating potential, which is evidenced by the microscopic components and the $w(\text{TOC})$ linear regression for $w(\text{S}_2)$ (pyrolysis hydrocarbon). The organic matter of the Es₃^L shales is so mature that they can generate a large volume of oils, which is illustrated by the vitrinite reflectance and the highest thermal pyrolysis peak temperature.

Keywords

Organic Abundance, Organic Type, Organic Maturity, Es₃^L of Shahejie Formation, Zhanhua Sag

沾化凹陷罗家地区沙三下亚段页岩地球化学特征及其评价

李航¹, 陈波¹, 李一贤²

¹非常规油气湖北省协同创新中心(长江大学), 长江大学地球科学学院, 湖北 武汉

²长江大学地球科学学院, 湖北 武汉

作者简介: 李航(1992-), 女, 硕士, 现从事非常规油气方面的研究与学习。

Email: 564439669@qq.com

收稿日期: 2016年4月15日; 录用日期: 2016年6月21日; 发布日期: 2016年9月15日

摘要

通过对有机质丰度、有机质类型、有机质成熟度的特征进行详细研究, 综合分析了沙三下亚段(E_{s3}^L)页岩地球化学特征并对其进行了评价。研究表明, 在有机质丰度上, E_{s3}^L 页岩总有机碳质量分数($w(\text{TOC})$)和氯仿沥青“A”($w(\text{“A”})$)质量分数均较高, 是页岩油的主要富集层位; 在有机质类型上, 有机质显微组分和热解烃质量分数 $w(S_2) \sim w(\text{TOC})$ 线性回归均表明 E_{s3}^L 页岩有机质类型为I型, 具有较好的生油潜力; 在有机质成熟度上, 镜质体反射率和最高热解峰温均表明 E_{s3}^L 页岩中的有机质处于成熟阶段, 正在大量生油。

关键词

有机质丰度, 有机质类型, 有机质成熟度, 沙三下亚段, 沾化凹陷

1. 地质概况

沾化凹陷是济阳拗陷中的一个凹陷, 位于东北部, 在渤海湾盆地构造单元的划分中, 属于三级构造单元。沾化凹陷为一个轴向呈北东-南西向的箕状凹陷, 先后历经了燕山运动和喜马拉雅运动, 凹陷结构具有北断南超、东西双断、凹凸相间的特点(图1)。凹陷内部主要发育1个凸起(孤岛凸起)及3个次级洼陷(渤南洼陷、孤北洼陷、孤南-富林洼陷)[1]-[5]。凹陷面积约 $2.8 \times 10^3 \text{ km}^2$, 平面上呈喇叭状延东向撒开, 同时向南端收敛[6]。

罗家地区位于罗家鼻状构造带上, 该地区钻探有罗69井和罗67井。区内沙三下亚段(E_{s3}^L) (2909.5~3129.5 m)沉积于强烈断陷期的深湖环境, 其暗色泥页岩以纹层状、层状页岩为主, “南薄北厚”的特征十分明显, 暗色泥页岩在沾化凹陷的厚度在300 m以上[7]-[10]。

2. 页岩地球化学特征

2.1. 有机质的丰度

根据页岩油气资源分级评价标准[11], 结合总有机碳质量分数($w(\text{TOC})$)、氯仿沥青“A”质量分数($w(\text{“A”})$)和溶解烃质量分数($w(S_1)$)将研究区的页岩油储层划分3个等级, 依次为富集层、低效层和无效层,

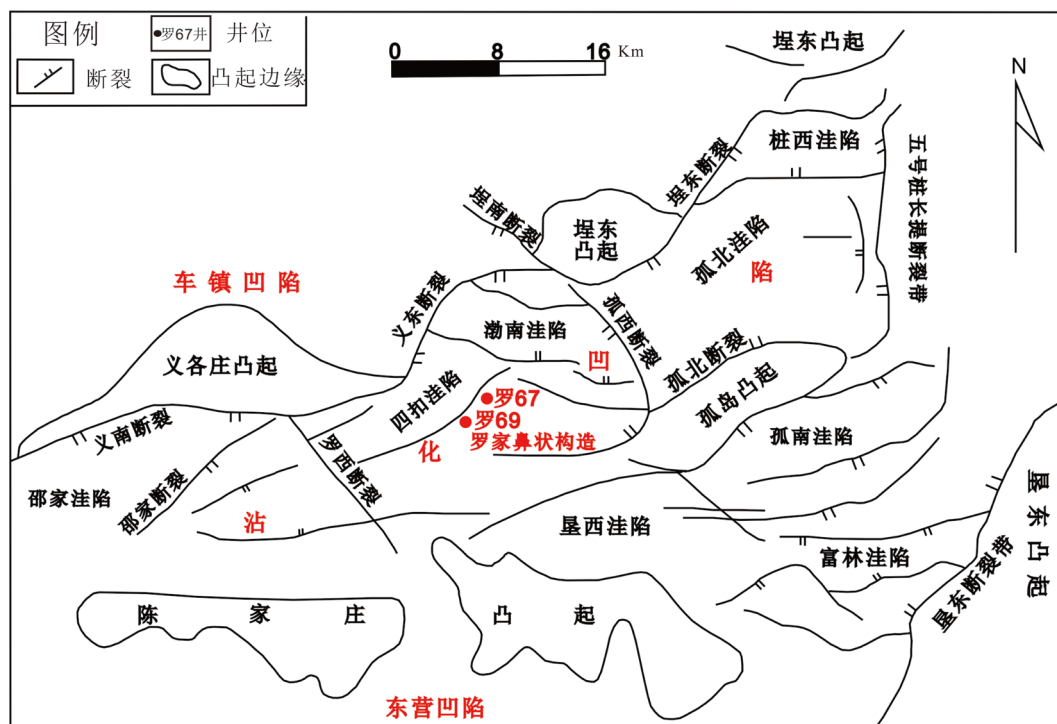


Figure 1. Framework for secondary structural units in the Zhanhua Sag
图 1. 沾化凹陷次级构造单元格局图

具体划分标准见表 1。

沾化凹陷 E_{s3}^L 页岩样品的 $w(\text{TOC})$ 介于 0.91%~6.76% (平均 3.3%) (图 2), $w(\text{“A”})$ 介于 0.3482%~2.1422% 之间(平均 0.9729%)。结合表 1 页岩油层等级划分标准, 表明区内 E_{s3}^L 页岩有机质丰度较好, 属于页岩油富集层。但所测试 $w(\text{S}_1)$ 介于 0.28~3.19 mg/g (平均 1.7 mg/g), 综合评价为页岩油低效储层, 与前者结论不符。通过调研前人研究成果, 对济阳坳陷的地层水、碳同位素和生物标志化合物等资料进行综合分析, 表明区内页岩油进行了较为明显的初次运移, 且运移距离较长[12] [13], 导致 $w(\text{S}_1)$ 相对偏低。

2.2. 有机质的类型

2.2.1. 显微组分分析法

通过对 E_{s3}^L 页岩样品进行透射光 - 荧光干酪根显微组分鉴定可知, 研究区的干酪根由腐泥组、壳质组和镜质组 3 部分构成, 不含惰质组。其中, 腐泥组体积分数最高, 介于 96.3%~99.7% (平均 98.45%) (图 3)。通过计算, 其类型指数范围为 93.6~99.4 (平均 97.4), 以 I 型干酪根为主, 有机质类型较好, 生油潜力巨大。

2.2.2. 线性回归分析法

基于岩石热解分析数据, Landford 等提出以热解烃质量分数 $w(\text{S}_2) \sim w(\text{TOC})$ 线性回归曲线的斜率来划分源岩有机质类型, 即在 $w(\text{S}_2) \sim w(\text{TOC})$ 交会图上, 斜率 ≥ 7 的区域为 I 型干酪根, 斜率位于 2~7 之间的为 II 型干酪根, 斜率 ≤ 2 的为 III 型干酪根。

但中国陆相生油具有一定的特殊性, 因此将干酪根类型再细分为 4 类, 即将原有的 II 型干酪根进行二分, 斜率在 5~7 之间为 II₁ 型, 斜率在 2~5 之间为 II₂ 型。区内 E_{s3}^L 页岩样品点全部落在该交会图(图 4) 的 I 型干酪根区域, 与显微组分分析法得出的结论相一致。

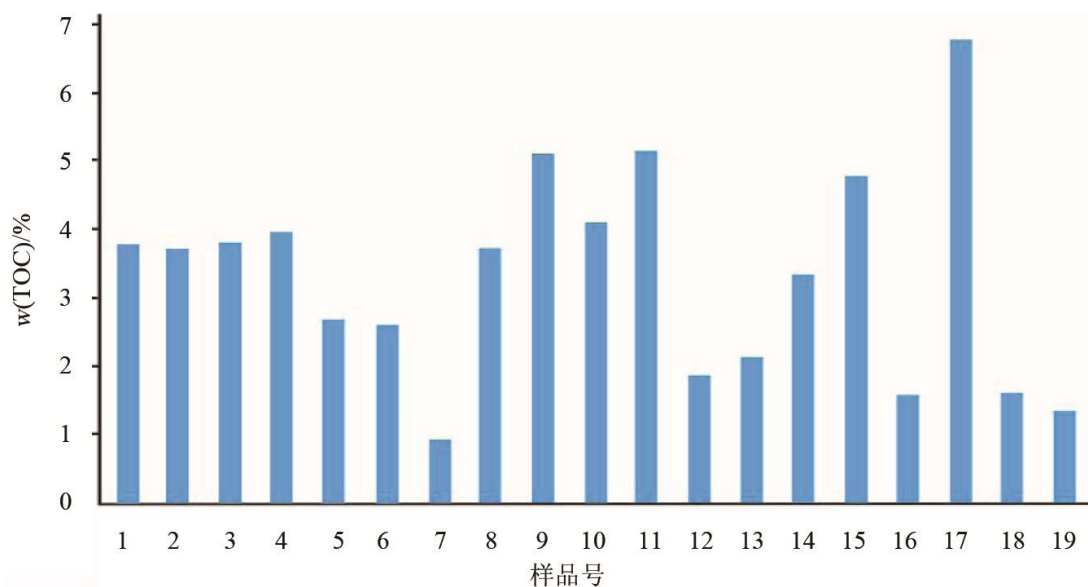


Figure 2. The $w(\text{TOC})$ distribution for the Es_3^{L} shales in Zhanhua Sag
图 2. 沾化凹陷 Es_3^{L} 页岩有机质 $w(\text{TOC})$ 分布

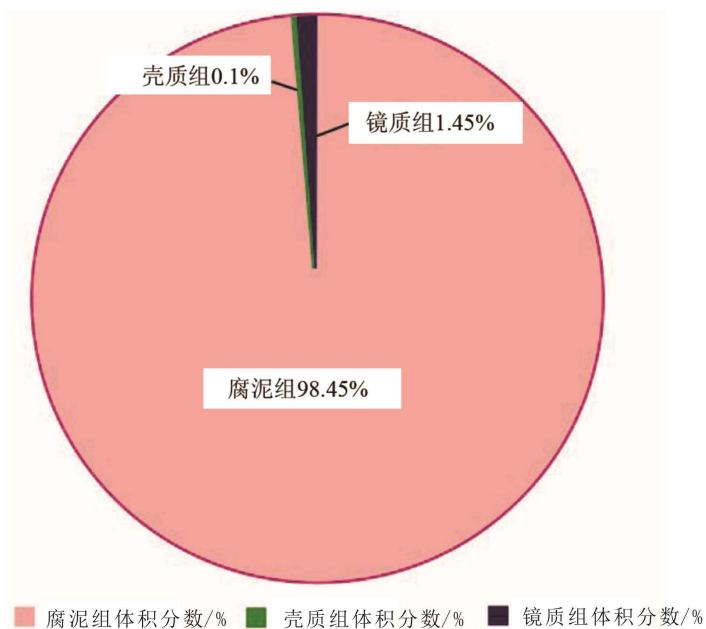


Figure 3. Average volume factor of microscopic components of the Es_3^{L} shales in Zhanhua Sag
图 3. 沾化凹陷 Es_3^{L} 页岩显微组分平均体积分数

Table 1. Classification of the shale oil layers
表 1. 页岩油层等级划分

储层分类	$w(\text{TOC})/\%$	$w(\text{S}_1)/(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$	$w(\text{“A”})/\%$
富集层	≥ 2.0	≥ 2.0	≥ 0.4
低效层	1.0~2.0	0.5~2.0	0.1~0.4
无效层	≤ 1.0	≤ 0.5	≤ 0.1

2.3. 有机质成熟度

沾化凹陷 Es_3^L 页岩样品在室温为 $23^{\circ}C$ 、湿度为 30% 的检测环境下，测得镜质体反射率(R_o)分布在 0.7%~0.93%，集中于 0.7%~0.75%，平均为 0.84% (图 5)；最高热解峰温(t_{max})分布于 $441^{\circ}C$ ~ $447^{\circ}C$ (平均为 $443.3^{\circ}C$)。表明区内页岩处于成熟演化阶段，正处于生油的高峰期。

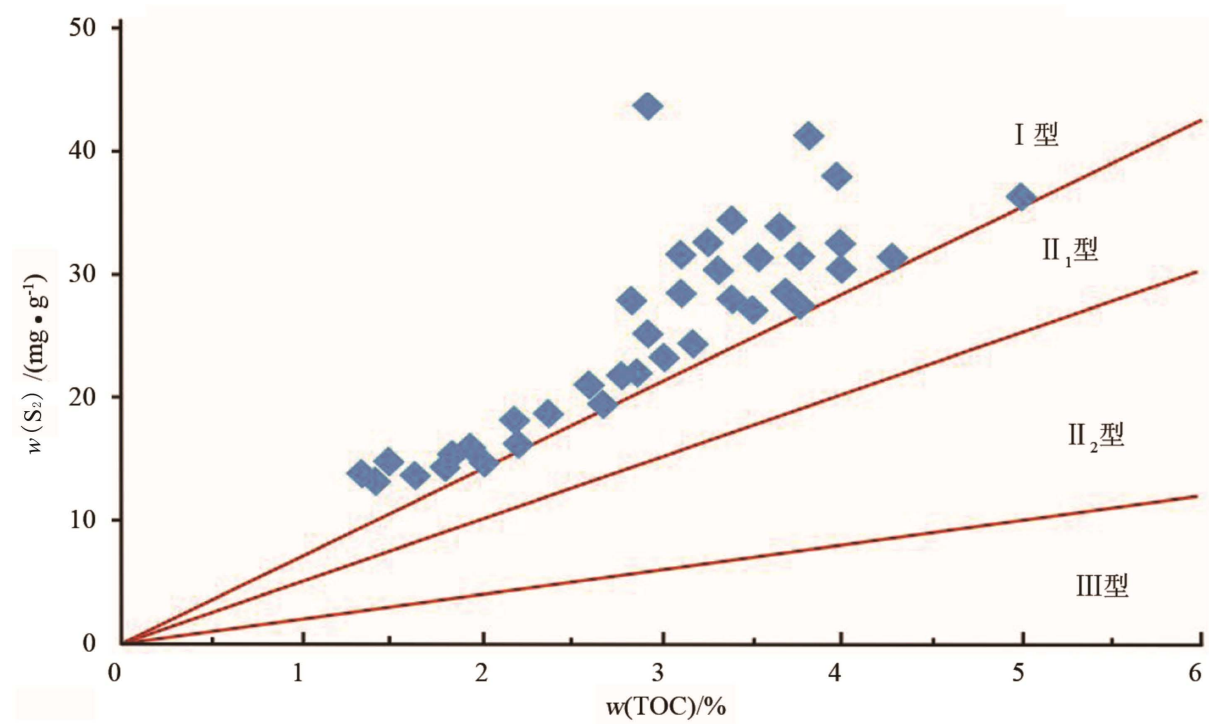


Figure 4. Plot of $w(S_2)$ ~ $w(TOC)$ content of Es_3^L shales in Zhanhua Sag

图 4. 沾化凹陷 Es_3^L 页岩 $w(S_2)$ ~ $w(TOC)$ 交会图

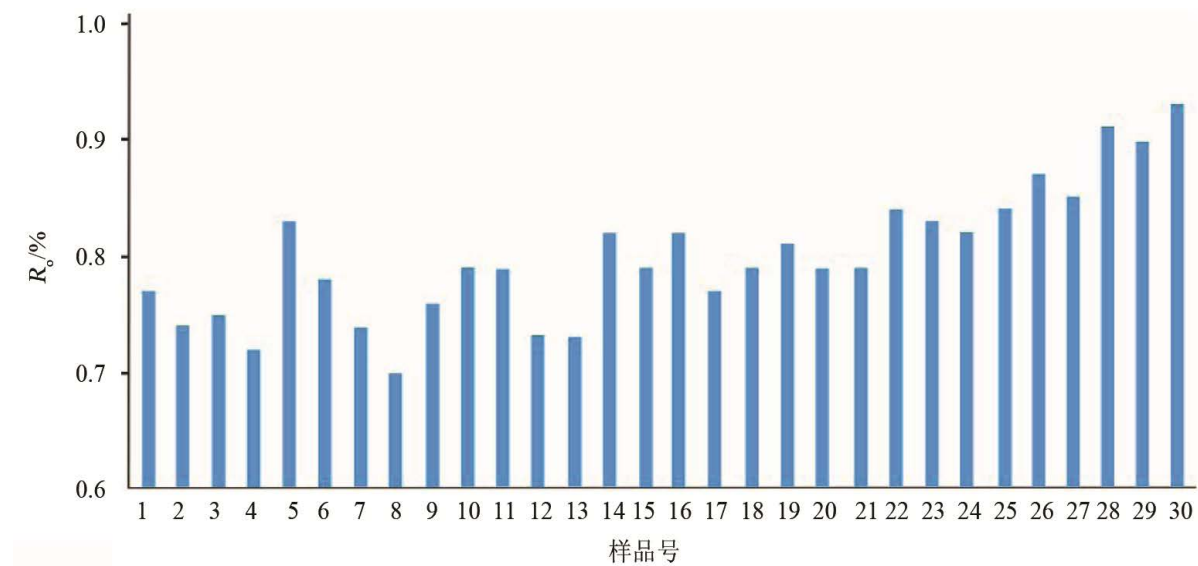


Figure 5. Organic maturity distribution of the Es_3^L shales in Zhanhua Sag

图 5. 沾化凹陷 Es_3^L 页岩有机质成熟度分布

3. 结论

1) 沾化凹陷 Es_3^L 页岩 $w(TOC)$ 与 $w("A")$ 较高, 均达到了富集层的标准。但 $w(S_1)$ 相对较低, 可能是页岩油初次大范围的运移所造成。

2) 利用有机质显微组分和 $w(S_2) \sim w(TOC)$ 线性回归 2 种方法相互印证, 区内 Es_3^L 页岩有机质类型为 I 型, 具有较好的生油潜力。

3) 区内 Es_3^L 页岩的 R_o 平均为 0.84%, t_{max} 平均为 443.3°C, 均表明有机质处于成熟演化阶段, 正在大量生油。

参考文献 (References)

- [1] 张金川, 林腊梅, 李玉喜, 等. 页岩油分类与评价[J]. 现代地质, 2003, 17(4): 466.
- [2] 柳波, 郭小波, 黄志龙, 等. 页岩油资源潜力预测方法探讨: 以三塘湖盆地马朗凹陷芦苇沟组页岩油为例[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2013, 44(4): 1472-1477.
- [3] 范昌育, 王震亮. 页岩气富集与高产的地质因素和过程[J]. 石油实验地质, 2010, 32(5): 465-469.
- [4] 宁方形. 济阳拗陷不同类型页岩油差异性分析[J]. 油气地质与采收率, 2014, 21(6): 7-14.
- [5] 徐东锋, 赵红佳, 刘见宝. 济阳拗陷沾化凹陷异常高压与油气成藏模式[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(4): 602-605.
- [6] 李超, 朱筱敏, 朱世发, 等. 沾化凹陷罗家地区沙三下段泥页岩储层特征[J]. 沉积学报, 2015, 33(4): 796-808.
- [7] 李政, 王秀红, 朱日房, 等. 济阳拗陷沙三下亚段和沙四上亚段页岩油地球化学评价[J]. 新疆石油地质, 2015, 36(5): 511-514.
- [8] Bowker, K.A. (2007) Barnett Shale Gas Production, Fort Worth Basin: Issues and Discussion. *AAPG Bulletin*, **91**, 523-533. <http://dx.doi.org/10.1306/06190606018>
- [9] 王冠民, 钟建华. 湖泊纹层的沉积机理研究评述与展望[J]. 岩石矿物学杂志, 2004, 23(1): 43-48.
- [10] 王慧中, 梅洪明. 东营凹陷沙三下亚段油页岩中古湖泊学信息[J]. 同济大学学报, 1990, 26(3): 315-318.
- [11] 卢双舫, 黄文彪, 陈方文, 等. 页岩油气资源分级评价标准探讨[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(2): 249-256.
- [12] 宁方形, 王学军, 郝雪峰, 等. 济阳拗陷页岩油赋存状态和可动性分析[J]. 新疆石油天然气, 2015, 11(3): 1-5.
- [13] 宁方形. 济阳拗陷页岩油富集机理[J]. 特种油气藏, 2015, 22(3): 28-30.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: jogt@hanspub.org